

NGC 2071 В КОСМИЧЕСКОМ ПРОЕКТЕ «РАДИОАСТРОН»: ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЗЕРНЫХ ПЯТЕН H_2O

М. А. Щуров, И. Е. Вальтц, Н. Н. Шахворостова

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

В рамках научной программы интерферометра «Радиоастрон» обработаны данные наблюдений мазера H_2O на частоте 22.2280 ГГц в туманности NGC 2071. В наблюдениях принимали участие космический радиотелескоп (КРТ — 10 м) и три радиотелескопа наземной сети: РТ — 32 м (Медицина, Италия), РТ — 32 м (Торунь, Польша) и РТ — 64 м (Калязин, РФ). Получена карта распределения мазерных пятен, где присутствуют 13 пространственных компонентов в интервале $V_{LSR} = (4.7\text{--}20.5)$ км/с. Зафиксирован компонент ($V_{LSR} = 14.3$ км/с), для которого на наземно-космических базах наблюдается корреляция. На основании анализа зависимости функции видности от величины проекций баз предложена двухкомпонентная модель пространственной структуры этого компонента с размерами протяженной и компактной составляющей 4 и 0.06 мс, т. е. 1.56 и 0.023 а. е. соответственно.

VLBI RESEARCH IN THE "RADIOASTRON" PROJECT: STRUCTURE OF THE H_2O MASER IN NGC 2071 IRS 1

М. А. Shchurov, I. E. Valtts, N. N. Shakhvorostova

Astro Space Center of PN Lebedev Physics Institute

Within the Radioastron interferometer scientific program, observational data of the H_2O maser at a frequency of 22.2280 GHz in the NGC 2071 nebula were processed. A space radio telescope (SRT — 10 m) and three radio telescopes of the ground network: RT — 32 m (Medicina, Italy), RT — 32 m (Torun, Poland) and RT — 64 m (Kalyazin, RF) took part in the observations. A map of the maser spot distribution has been obtained, where there are 13 spatial components with V_{LSR} in the range 4.7 — 20.5 km/s. Correlation is observed on ground-space baselines for the component on $V_{LSR} = 14.3$ km/s. Based on the visibility function dependence analysis from the baseline projection values, there was proposed a two-component model of this component spatial structure with the dimensions of the extended and compact constituent of 4 and 0.06 msec, i.e. 1.56 and 0.023 au, respectively.

Область звездообразования NGC 2071 в созвездии Ориона была одной из основных целей исследований межзвездных мазеров H_2O в рамках международной космической миссии РадиоАстрон (<http://www.asc.rssi.ru/radioastron/index.html>).

Два скопления вокруг молодых источников NGC 2071 IRS 1 (более развитый) и NGC 2071 IRS 3 (менее развитый) наблюдались ранее на частоте 22 ГГц в радиоконтинууме и в мазерном излучении воды между уровнями $6_{16} - 5_{23}$ вращательных переходов. Мазеры на молекулах воды, джеты, крупномасштабное истечение и предполагаемый компактный протозвездный диск прослеживаются в обоих источниках (см., например, [1] и ссылки в этой работе).

70-минутный сеанс наблюдений проводился 11 января 2014 г. с использованием 10-м космического радиотелескопа (КРТ) и наземной сети, состоящей из 64-м радиотелескопа в г. Калязин (Московская область, Россия), 32-м радиотелескопа в г. Торунь (Польша) и 32-м радиотелескопа в г. Медицина (Италия). Наблюдения проводились на частоте мазера H_2O 22.2280 ГГц с полосой регистрации 16 МГц (~ 215 км/с).

Наземно-космические базы интерферометра обеспечивали угловое разрешение 70 мкс (при максимальных проекциях баз ~ 2.9 ED, т. е. $\sim 40\,000$ км), синтезированная диаграмма направленности наземной части интерферометра составляла $0.006 \times 0.0006''$ для позиционного угла $P.A. = -23$.

В качестве фазового центра использовались координаты источника NGC 2071 IRS 1: $RA(2000) = 05^h 47^m 04^s.758$, $DEC(2000) = 00^\circ 21' 42.700''$.

Первичная обработка данных с использованием экспресс-программы LineViewer проводилась на FX-корреляторе АКЦ ФИАН (Москва, РФ) в полосе 16 МГц (~ 215 км/с) с использованием 2048 каналов, что обеспечивало разрешение по частоте 7.81 кГц (0.11 км/с).

Лепестки обнаружены на всех наземных базах. Анализ структуры источника, наблюдаемой с помощью наземной сети (калибровка и построение изображений), был выполнен с помощью стандартных задач пакетов AIPS (Astronomical Image Processing System <http://www.aips.nrao.edu>) и для гауссовой аппроксимации профиля спектральных линий — CLASS (<https://www.iram.fr/IRAMFR/GILDAS/>). Калиброванные по амплитуде авто- и кросскорреляционные спектры были получены с помощью задачи ANTAB. Калибровка фазы проводилась с помощью задачи FRING относительно одной из самых сильных и наиболее удаленных от центральной части спектра детали на скорости на луче зрения 20.5 км/с. Получены изображения 13 мазерных пятен в шести спектральных деталях кросс-спектров (уровень надежности — 6σ).

Размер области, занимаемый этими компонентами, составляет $\sim 100 \times 100$ мс дуги, или $\sim 40 \times 40$ а. е. при расстоянии до туманности 390 пк, т. е. примерно размер Солнечной системы. Плотность коррелированного потока $F\nu$ варьируется от ~ 4 до ~ 29 Ян и для всех компонентов совпадает с величиной $F\nu/\text{beam}$, т. е. все компоненты точечные в пределах диаграммы. Интервал пространственных компонентов, для которых получены изображения, составляет 4.7–20.5 км/с при ширине спектральных деталей по половине мощности интенсивности 0.2–0.6 км/с.

Для обнаружения сверхкомпактных структур со сверхвысоким угловым разрешением, которое обеспечивается базами Космос–Земля, коррелированные данные были проанализированы с использованием программы PIMA (<http://astrogeo.org/pima/>) для поканального анализа. Корреляция на уровне надежности 6σ была обнаружена на космической базе (2.9 ED) между радиотелескопами SRT-Medicina и SRT-Torun и только для одной спектральной детали на $V_{LSR} = 14.3$ км/с.

Анализируя поведение функции видности в зависимости от проекций баз Космос–Земля и наземных баз для этого мазерного пятна на $V_{LSR} = 14.3$ км/с, было показано, что наилучшее приближение достигается в двухкомпонентной модели, состоящей из двух составляющих мазерного излучения — протяженной и компактной (в предположении сферической симметричной структуры пространственных компонентов). Получены оценки размеров этих составляющих соответственно 1.56 а. е. (что сопоставимо с размером орбиты Земли) с погрешностью 30 % и 0.023 а. е. (примерно размер небольших звезд типа Солнца) с погрешностью 50 %.

Библиографические ссылки

- [1] *Trinidad M. A., Rodríguez T., Rodríguez L. F.* Radio jets and disks in the intermediate-mass star-forming region NGC2071IR // *The Astrophysical Journal*. — 2009. — Vol. 706, № 1. — P. 244–251.